



Patente Nro.	PD 014702
Concedida	20/12/2005
Fecha de vencimiento	
Acta Nro.	P 99 01 01022
Presentada	10/03/1999
Clase	C04B16/06 28/04
Título	MATERIAL DE CONSTRUCCION REFORZADO CON FIBRA, ARTICULO QUE COMPRENDE EL MATERIAL Y METODO PARA LA PRODUCCION DEL MATERIAL
Solicitante/Titular	DALHOUSIE UNIVERSITY
Domicilio	6299 South Street c/o Technology Transfer Office Arts & Administration Building Halifax, Nova Scotia, B3H 4H6 CANADA
Prioridad:	US - 09/038860 - 11/03/1998
Reválida	
Adicional	
Divisional	
Carpeta	202.529

17393-1AR KPM/JP/MP

\*20102025290300\*

MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN REFORZADO CON FIBRA,  
ARTICULO QUE COMPRENDE EL MATERIAL Y METODO PARA LA  
PRODUCCION DEL MATERIAL  
CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención se relaciona con un material de construcción reforzado con fibra, un artículo fabricado con el material y un método para la producción del material de construcción reforzado con fibra sintética, la que bajo agitación, se fibrila progresivamente, para producir materiales de construcción con perfeccionadas propiedades de rendimiento. En otro aspecto de la presente invención, se proporcionan artículos preparados a partir de los materiales reforzados con fibra que se describen anteriormente.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

El hormigón posee la mayor producción de todos los materiales hechos por el hombre. Comparado con otros materiales de construcción, posee muchas ventajas, incluyendo bajo costo, disponibilidad general de materias primas, adaptabilidad y utilización bajo diferentes condiciones ambientales. Por lo tanto, el hormigón probablemente continuará siendo el material de construcción más dominante en el futuro previsible. Desafortunadamente, el hormigón corriente además es un material frágil con muy baja resistencia a la tracción y capacidad de esfuerzo, y generalmente requiere refuerzo antes de que pueda ser utilizado extensivamente como un material de construcción.

La idea del uso de otro material para reforzar un material de baja resistencia a la tracción es un concepto antiguo. Por ejemplo, se han usado paja o cerda de caballo durante miles de años para mejorar las propiedades de los ladrillos de arcilla. Bentur, A., Mindess, S., "Fiber Reinforced Cementitious Composites", (Elsevier Applied Science, 1990). En los últimos años, se han incorporado fibras en una amplia variedad de materiales de ingeniería (incluyendo

cerámicas, plásticos, cemento y productos de yeso) para mejorar las propiedades de rendimiento del compuesto resultante. American Concrete Institute ACI 544.1R-96, "Fiber Reinforced Concrete", 1996. La introducción de fibras en hormigón produce cambios en las propiedades post-elásticas, que varían desde sutiles a sustanciales de acuerdo con un número de factores, incluyendo la fuerza de la matriz, tipo de fibra, módulo de fibra, relación de aspectos de fibras, fuerza de fibra, características de enlace de superficie de la fibra, contenido de fibra, orientación de la fibra, efectos de tamaño de agregado, y similares.

Las propiedades mejoradas incluyen resistencia a la tracción, fuerza compresiva, módulo elástico, resistencia a la rotura, control de rotura, durabilidad, vida de fatiga, resistencia al impacto y abrasión, encogimiento, expansión, características térmicas y resistencia al fuego. *Id.*

Si bien se sabe que el refuerzo de fibra es más efectivo que el refuerzo convencional en el control de la rotura local, a diferencia de las barras de refuerzo, en la mayoría de los casos no proporciona ningún incremento en la capacidad de soporte de carga del hormigón. Las barras de refuerzo convencionales se ubican estratégicamente en la estructura para llevar los esfuerzos de tracción mientras las fibras se distribuyen al azar en la mezcla de hormigón. Las fibras, por lo tanto, no se usan en diseño como un sustituto para refuerzo convencional. Si bien actualmente no están dirigidas por la ACI Committee 318, las fibras a veces se usan en aplicaciones estructurales con refuerzo convencional. American Concrete Institute, ACI 318 Building Code Requirements for Reinforced Concrete, 1995.

La práctica de agregado de fibras de acero a hormigón para superar sus desventajas fue introducida por primera vez a comienzos de este siglo. Entre 1920 y 1935 se concedieron varias patentes pertenecientes a hormigón reforzado con fibras de acero (SFRC). Véase, por ejemplo, Kleinlagel, A., Patente Alemana

No. 388.959; Scailles, J. C., Patente Francesa No. 514.186; Martin, G. C., Patente Norteamericana No. 1.633.219; y Etherridge, H., Patente Norteamericana No. 1.913.707. El uso de fibras de vidrio en hormigón se intentó por primera vez en la Unión Soviética a fines de la década de 1950. Biryukovich, K. L., y Yu, D. L., "Glass Fiber Reinforced Cement", (traducida por G. L. Cairns, CERA Translation, No. 12, Civil Eng. Res. Assoc., Londres, 1965). Los intentos iniciales en el uso de fibras sintéticas (nilón, polipropileno) se hicieron en la década de 1960. Monfore, G. E., "A review of Fiber Reinforced Portland Cement Paste, Mortar and Concrete", *J. Res. Dev. Labs*, Vol. 10, No. 3, Sept. 1968, páginas 36 - 42; Goldfein, S., "Plastic Fibrous Reinforcement for Portland Cement", Informe Técnico No. 1757-TR, U. S. Army Research Development Laboratories, Fort Belvoir, Octubre 1963, páginas 1 - 16.

Cuando se usaron por primera vez fibras de acero, sólo se emplearon fibras de acero rectas. El uso de fibras de acero produjo mejoradas características para ductilidad y rigidez de fractura; también se informaron incrementos en la fuerza flexional. Para fibras de acero rectas, los factores primarios que controlaron las propiedades del compuesto fueron la fracción de volumen de fibra y la relación de longitud / diámetro, o de aspecto, de las fibras. La cantidad de fibras varió desde 90 a 120 kg / m<sup>3</sup> (1,1 a 1,5 % en volumen) de hormigón. Las relaciones de aspecto eran en el rango de 60 a 100. Los principales problemas encontrados en las primeras etapas fueron la dificultad en la mezcla y capacidad de trabajo. A fracciones de volúmenes superiores, se encontró que las fibras se embrollaban durante el proceso de mezcla. Se encontró que este proceso, denominado embrollado, se producía frecuentemente con las fibras más largas. Ésto tiende a afectar la calidad del hormigón en el lugar, especialmente para fracciones de volúmenes de fibra superiores. Además, siempre hubo una reducción en la capacidad de trabajo del hormigón, como resultado del agregado de fibras.

El advenimiento de fibras de acero deformadas a fines de la década de 1970 produjo un uso incrementado en el campo de hormigón reforzado con fibras. Ramakrishnan estableció que las fibras con extremos de gancho podían utilizarse a fracciones de volúmenes mucho menores que las fibras de acero rectas, produciendo los mismos resultados en términos de ductilidad y rigidez del producto. Ramakrishnan, V., Brandshaug, T., Coyle, W. V. y Schrader, E. K., "A Comparative Evaluation of Concrete Reinforced with Straight Steel Fibers and Deformed End Fibers Glued Together in Bundles", ACI Journal, Vol. 77, No. 3, mayo - junio 1980, páginas 135 - 143. Estas fibras se encolaron juntas en los bordes, con cola soluble en agua, de manera que, cuando se agregaron al hormigón, las fibras tuvieron una relación de aspecto mucho menor (aparente). Durante la mezcla, las fibras se separaron y se dispersaron como fibras individuales. El encolado y posterior dispersión, en combinación con una menor fracción de volumen de fibras, produjo la virtual eliminación del embrollado. Más tarde, se desarrolló un número de otras formas de fibras, tales como extremos alargados, rizados y acanalados.

El Informe de ACI 544 Committee sobre Hormigón Reforzado con Fibras, publicado en 1996, informa que el primer uso significativo de fibras sintéticas en hormigón fue hecho en 1965, por la Sección de Desarrollo e Investigación de Ingeniería del US Army Corps. American Concrete Institute ACI 544.1R-96, "Fiber Reinforced Concrete", 1996. Se usaron fibras de monofilamento sintéticas para la construcción de estructuras de hormigón resistentes a las ráfagas. Las fibras utilizadas eran de 13 a 25 mm de largo, y tenían una relación de aspecto de entre 50 y 100, es decir, la geometría no era tan diferente de las fibras de acero que se estaban usando en hormigón en ese momento. Con estas fibras se encontró que los índices de agregado de hasta 0,5 % en volumen del hormigón producían incrementos significantes en la ductilidad y resistencia al impacto.

Sin embargo, había muy poca explotación comercial de la tecnología de refuerzo de fibras, y no fue hasta la década de 1980 cuando comenzaron a tener lugar el desarrollo de gran escala y el uso de fibras sintéticas en hormigón. Este trabajo se hizo predominantemente con fibras de diámetro mucho más bajas (es decir, fibras de diámetro pequeño con altas relaciones de aspecto), a índices de adición de fibra menores. Morgan, D. R., y Rich, L., "High Volume Synthetic Fiber Reinforced Shotcrete", Primera Conferencia Internacional sobre Hormigón Reforzado con Fibras Sintéticas, Orlando, Florida, USA, enero 16, 1998. La mayoría del trabajo se hizo con fibras de polipropileno fibriladas, colacionadas, a índices de adición de 0,1 a 0,2 % en volumen. A estos bajos índices de adición de volumen de fibra, los beneficios primarios de las fibras son para el control de rotura de encogimiento de plástico y provisión de fuerza verde a ciertos productos de hormigón de premoldeado, y moldeado verde. El mejoramiento de la ductilidad y de la resistencia al impacto, y de la resistencia a la rotura de encogimiento de secado restringido a largo plazo, se limita a dichos índices bajos de adición de volumen de fibra. Debería observarse que aún a estos índices bajos de adición de fibra, la cuenta de fibra (número de fibras en una unidad de volumen de matriz) y la superficie específica (área de superficie de fibras por unidad de volumen de matriz) son muy altas. En consecuencia, actualmente es muy difícil introducir en hormigón más de 0,4 % en volumen de fibras de polipropileno fibrilantes convencionales, sin hacer cambios significantes al diseño de mezcla de hormigón. Como resultado, la mayoría de las fibras sintéticas utilizadas hoy en día se incorporan en hormigón a índices de adición de fibra muy bajos, para controlar simplemente el encogimiento plástico.

Con la emergencia de nuevas áreas de aplicación, el interés de investigación se ha movido a contenidos de fibra más altos, donde el índice de rigidez y otros factores son consideraciones de diseño. El índice de rigidez es una

indicación de las capacidades de portación de carga de las fibras dentro de la matriz de hormigón después de la primera rotura. Como se mencionó anteriormente, el hormigón de moldeado en el lugar acomodará hasta 0,4 % en volumen de fibras sintéticas, con mínimos ajustes de proporción de mezcla. El hormigón de mezcla húmeda con fibras agregadas a un índice de hasta 0,75 % en volumen proporcionará importantes incrementos en los valores de índice de rigidez. Morgan, D. R., McAskill, N., Richardson, B. W., y Zellers, R. C., "A Comparative Evaluation of Plain, Polipropylene Fibers, Steel Fibers and Wire Mesh Reinforced Shotcrete," Transportation Research Board, Washington D. C., enero 1989. La longitud de las fibras y la configuración de las fibras son importantes factores a este contenido de fibra. En aplicaciones de láminas en grados, el uso de fibra de polipropileno fibrilada colacionada, a contenidos de hasta 0,3 % en volumen, ha incrementado dramáticamente la fuerza de fatiga. American Concrete Institute ACI 544.1R-96, "Fiber Reinforced Concrete", 1996.

Hace algunos años, se desarrolló una nueva fibra de poliolefina de monofilamento, con un único sistema dispensador, que ahora se ha utilizado a índices de adición de fibra en el rango de 1,0 a 2,0 % en volumen (es decir, valores hasta 10 veces mayores que el uso convencional de fibras de polipropileno fibriladas). La fibra se ha usado en un rango de diferentes aplicaciones de plancha mecánica de hormigón y otras aplicaciones de hormigón de moldeado en el lugar, por ejemplo, pavimento de hormigón de profundidad completa, baños de plataforma de puentes, capa final de blanqueo, etc. Ramakrishnan, V., y MacDonald, C. N., "Durability Evaluation and Performance Histories of Projects Using Polyolefin Fiber Reinforced Concrete", ACI British Columbia Chapter, Seminario de Hormigón de Alto Rendimiento, Vancouver BC, abril 1997, página 15. Las fibras utilizadas varían en longitud desde 25 a 50 mm, y tienen relaciones de aspecto en el rango de 66 a 80. A estos índices de adición de

fibra mucho más altos, la ductilidad, la resistencia al impacto y la rigidez en los compuestos de hormigón se incrementan sustancialmente, y son mucho más comparables con los valores logrados con hormigones reforzados con fibra de acero, con 0,5 a 0,7 % (40 a 55 kg / m<sup>3</sup>) adición de fibra en volumen. Además de demostrar excelentes características de refuerzo, la fibra de poliolefina posee la ventaja sobre su contraparte de acero, en cuanto a que nunca se oxidaría. Siguiendo la misma filosofía, (uso de fibra polimérica a altos índices de adición), Synthetic Industries ha lanzado recientemente una nueva fibra polimérica para aplicaciones de hormigón. La nueva fibra, denominada S-152 High Performance Polymer (HPP), es fabricada como un filamento grueso con un perfil de contorno diseñado. Synthetic Industries, literatura de productos, 1998. La forma del tipo onda de las fibras es diseñada para anclar las fibras en el hormigón. Adicionalmente, el grosor de la fibra le permite ser combinada a un índice mucho mayor por unidad de volumen que las fibras convencionales, proporcionando así el rendimiento estructural mejorado de la aplicación de hormigón.

Sin embargo, la fibra de poliolefina es de limitada utilidad, debido a que es una fibra de monofilamento que permanecerá en su forma original después de la mezcla. Posee un área de superficie relativamente baja, y en consecuencia tiene correspondientemente pobres características de enlace. Por lo tanto, se debe introducir un porcentaje relativamente grande en volumen (1,5 % y más), para lograr resultados beneficiosos.

La adición de fibras a hormigón en general producirá una pérdida de características de manipuleo y depresión de la mezcla. Esta pérdida se magnifica a medida que la relación de aspecto (longitud / diámetro) de la fibra, o el índice de adición de fibras, incrementa. Para hormigón reforzado con fibra convencionalmente mezclado, las fibras de relación de aspecto alta son más efectivas en el mejoramiento del rendimiento post-pico, debido a su alta



resistencia a salirse de la matriz. Un efecto nocivo del uso de fibras de alta relación de aspecto es el potencial para embrollado de las fibras durante la mezcla.

La mayoría de las fibras sintéticas utilizadas hoy en día son fibras fibriladas que tienen relaciones de aspecto y áreas de superficie muy altas. El área de superficie muy alta de estas fibras hace muy difícil producir una mezcla de hormigón capaz de ser trabajada a índices de adición de fibra más altos que 0,5 % en volumen, sin causar severos problemas de capacidad de trabajo y de embrollo de fibras. Por esta razón, las fibras sintéticas en su mayoría se usan a índices de adición de fibra de 0,1 % en volumen, y se agregan principalmente para el control de la rotura de encogimiento en hormigón.

Por lo tanto, existe aún una necesidad en el arte de contar con formulaciones de hormigón reforzado con fibra, que superen las desventajas observadas anteriormente, mientras que aún mantengan características superiores de manipuleo y encogimiento. Más particularmente, sería deseable poder emplear fibra de un tipo que sea menos sensible al embrollo, y por lo tanto pueda ser agregada a fracciones de volumen superiores. Las fracciones de volumen superiores producirán características de refuerzo incrementadas, que anteriormente no se podían lograr con materiales de construcción reforzados con fibra, tales como hormigón.

#### BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

La presente invención se dirige a las necesidades del arte que se describen anteriormente, proporcionando materiales de construcción reforzados con fibra, tales como hormigón, que tienen mejoradas propiedades de rendimiento tales como reducido encogimiento plástico, reducido encogimiento de secado, mejorada resistencia al fuego, mejorada vida de fatiga, mejorada resistencia a la

contracción y expansión térmica, mayor índice de rigidez, mejorada capacidad de trabajo y manipuleo, y similares. Los materiales de construcción reforzados de la invención se preparan usando material fibroso que tiene propiedades iniciales definidas y la capacidad específica de fibrilarse, dando como resultado un área de superficie sustancialmente incrementado con la mezcla.

El área de superficie bajo inicial del material fibroso contemplado para el uso de acuerdo con la invención permite la adición de un contenido de fibra relativamente alto, sin hacer ningún cambio al diseño de mezcla de hormigón, o usar cualquier agente enlazante de liberación con tiempo para evitar el embrollo de las fibras. La capacidad del material fibroso empleado en la presente para pasar por la progresiva fibrilación, permite lograr una distribución uniforme de fibras a través de la mezcla de hormigón en las etapas más tempranas de mezcla, mientras que las fibras aún están relativamente intactas. Posteriormente, cuando las fibras comienzan a fibrilarse, en esa etapa no tienden a embrollarse ya que ya han sido bien dispersadas en la mezcla de hormigón.

#### BREVE DESCRIPCIÓN DE LA FIGURA

La Figura 1 ilustra en forma gráfica la curva de rigidez flexional de una formulación "shotcrete" (hormigón disparado) que contiene 1,5 % en volumen de fibras de monofilamento que tienen propiedades de rendimiento / físicas como se describe para el uso en la práctica de la presente invención.

#### DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

De acuerdo con la presente invención, se proporcionan formulaciones de productos de construcción que comprenden una mezcla que contiene agente aglutinante inorgánico y en el rango de aproximadamente 0,1 hasta aproximadamente 3,0 por ciento en volumen de un material fibroso,

en donde dicho material fibroso se caracteriza por tener:

- (a) una baja relación de aspecto inicial,
- (b) un área de superficie inicial de no más de aproximadamente 200 mm<sup>2</sup>;

en donde dicho material fibroso es capaz de, y pasa por fibrilación progresiva bajo agitación de dicha formulación, dando como resultado un incremento promedio en el área de superficie de por lo menos 50 veces. Además se proporcionan en la presente métodos para la producción de la formulación de producto de construcción que se describe anteriormente, así como también artículos que comprenden la formulación.

Como se emplea en la presente, "formulación de producto de construcción" se refiere a una variedad de matrices y materiales de construcción, incluyendo formulaciones a base de cemento Portland y artículos producidos a partir de los mismos, tales como hormigón, "shotcrete", ladrillos, mortero, yeso, capa final de blanqueo, compuestos sintéticos, compuestos a base de carbono, y similares. En una realización preferida de la invención, la formulación a base de cemento Portland es hormigón compuesto de cemento Portland, piedra (como roca molida o grava) y arena.

Aquellos expertos en el arte pueden identificar con facilidad materiales aglutinantes inorgánicos adecuados para el uso en la práctica de la presente invención. Como se usa en la presente, el término "materiales aglutinantes inorgánicos" se refiere predominantemente a materiales sin carbono que sirven para mantener juntos a varios constituyentes sólidos de un agregado. Ejemplos de materiales contemplados para el uso en la presente incluyen cemento portland, arcilla, estuco, yeso de París y similares. Dichos materiales, incluyendo aquellos que se pueden obtener actualmente y aquellos desarrollados en el futuro, están contemplados para el uso en composiciones y métodos de la presente invención.

Como se usa en la presente, "material fibroso" se refiere a un monofilamento sintético que tiende a romperse (es decir, "fibrilarse" ), bajo condiciones apropiadas, en una pluralidad de filamentos de varias longitudes, desde longitud completa a microscópicamente pequeña, cada uno de área transversal mucho menor y una relación de aspecto mayor que el monofilamento original. Naturalmente, es reconocido por aquellos expertos en el arte, el hecho de que el material fibroso puede no romperse completamente, sino que puede quedar una unidad compuesta de una pluralidad de fibrilos (es decir, puede ser parcialmente fibrilado). En un aspecto de la presente invención, puede esperarse bajo las condiciones apropiadas una población de fibrilos largos, cortos, unidos y separados. Las condiciones adecuadas para la generación de las fibras completa y parcialmente fibriladas incluyen agitación, mezcla, vibración, rociado y similares. La variedad resultante en el tamaño de fibras y relaciones de aspecto de las fibras fibriladas contribuirá a un rango de características mejoradas tales como capacidad de trabajo, rigidez y resistencia al encogimiento.

El material fibroso contemplado para el uso en la presente típicamente tiene propiedades de rendimiento deseables tales como resiliencia, resistencia a la tracción, rigidez, resistencia a los cambios en pH, y resistencia a la humedad, suficientes como para tornar útiles a dichos materiales, para el refuerzo de formulaciones de productos de construcción bajo condiciones y cargas estándares. En una realización específica, el material fibroso contemplado para el uso en la presente está compuesto de artículos de fibra llana, rizada y / o en relieve. En otro aspecto de la presente invención, las dimensiones transversales iniciales del monofilamento sintético original son aproximadamente 1,1 mm x 0,37 mm. De acuerdo con otro aspecto específico de la invención, el material fibroso comprende una fina estructura de red de fibras de una resina sintética copolimérica. Como se usa en la presente, la frase "estructura de red" se adapta

al uso normal del término, es decir, las fibras forman una estructura del tipo red o malla relativamente desordenada. El modificador “fina”, como se usa en la frase “fina estructura de red”, denota la naturaleza inherentemente pequeña de la red debido al tamaño de las fibras que se describen en la presente para el uso en las composiciones y métodos de la invención.

Ejemplos de resinas sintéticas copoliméricas adecuadas contempladas para el uso en la presente incluyen copolímeros de polipropileno y polietileno. Con preferencia, el copolímero de polietileno / polipropileno empleado en la presente tendrá una masa de aproximadamente 7,5 gramos por diner, una gravedad específica de aproximadamente 0,94 y una elongación de estiramiento en el rango de aproximadamente 16 % hasta aproximadamente 18 %. En esta realización preferida, la combinación de polímero está compuesta de en el rango de aproximadamente 70 hasta aproximadamente 90 % de resina de polipropileno que tiene un índice de flujo fundido en el rango de aproximadamente 1,2 hasta aproximadamente 4 g / 10 min., y una gravedad específica en el rango de aproximadamente 0,88 hasta aproximadamente 0,90 g / cm<sup>3</sup>. El otro componente de la combinación de polímero actualmente preferida es en el rango de aproximadamente 10 hasta aproximadamente 30 % resina de polietileno de alta densidad, con un índice de flujo fundido de en el rango de aproximadamente 0,6 hasta aproximadamente 1,1 g / 10 min., y una gravedad específica de en el rango de aproximadamente 0,94 hasta aproximadamente 0,96 g / cm<sup>3</sup>. En un aspecto preferido de la invención, la red fibrosa consiste del copolímero de polietileno / polipropileno que se describe anteriormente exclusivamente, y no se mantiene junto por medio de ningún tipo de agente adhesivo. Fibras ejemplares de este tipo se hacen bajo el nombre de “Polysteel<sup>TM</sup>”, y se encuentran disponibles en filamentos de la East Coast Rope Ltd., de Sydney, Nova Scotia, Canadá.

Las fibras contempladas para el uso de acuerdo con las composiciones y

métodos de la invención se pueden producir por cualquier método conocido en el arte. En un aspecto de la presente invención, las fibras contempladas para el uso en la práctica de la invención se fabrican por extrusión individual de un filamento que es posteriormente enfriado, y luego estirado en un horno de estiramiento. El filamento luego se recalienta en un horno de recocido para relajar el filamento y encerrar la "memoria" del filamento. Luego se le puede dar al filamento un relieve para crear flexibilidad y mejorar la capacidad de asimiento del filamento. Finalmente, el filamento se corta a la longitud especificada (de acuerdo con la aplicación), usando, por ejemplo, una rueda de corte giratoria. Naturalmente, como aquellos expertos en el arte reconocen sin dificultad, se pueden emplear también otros métodos adecuados para la producción de fibras, que cumplan con los requisitos para fibras expuestos en la presente.

Como se emplea en la presente, "relación de aspecto" significa la longitud de una fibra dividida por su ancho (es decir, la dimensión de sección transversal más ancha). De acuerdo con la presente invención, el material fibroso empleado tiene una relación de aspecto inicial baja. Las relaciones de aspecto adecuadas pueden ser determinadas sin dificultad por aquellas personas expertas en el arte. Típicamente, la relación de aspecto inicial se encontrará en el rango de aproximadamente 30 hasta aproximadamente 80. Como entenderán sin dificultad aquellos expertos en el arte, se puede emplear cualquier valor en el rango que se describe anteriormente, para la práctica de la presente invención, de acuerdo con la formulación particular de las composiciones de la invención, con el uso propuesto, la(s) propiedad(es) deseada(s) de las composiciones de la invención, y similares. Por ejemplo, en un aspecto de la invención, cuando se preparan formulaciones útiles para hormigón bombeado (por ejemplo "shotcrete"), la relación de aspecto inicial debería encontrarse en el extremo inferior del rango, típicamente debería ser aproximadamente 50. En otro aspecto de la invención,

cuando se preparan formulaciones útiles para hormigón de vertido o moldeo en el lugar (como planchas) la relación de aspecto inicial debería encontrarse en el extremo superior del rango, típicamente debería ser aproximadamente 70.

Como aquellos expertos en el arte reconocerán sin dificultad, un amplio rango de longitudes de fibra es adecuado para el uso en la práctica de la presente invención. Como aquellos expertos en el arte entenderán, la longitud de las fibras a ser empleadas en la práctica de la presente invención variará de acuerdo con la formulación particular de las composiciones de la invención, con el uso propuesto, la(s) propiedad(es) deseada(s) de las composiciones de la invención, y similares. Por ejemplo, en un aspecto de la invención, cuando se preparan formulaciones útiles para hormigón bombeado, la longitud de fibra inicial para el material fibroso contemplado para el uso en la presente será relativamente corta, típicamente alrededor de 38 mm. En otro aspecto de la invención, cuando se preparan formulaciones útiles para hormigón de vertido o modeo en el lugar, la longitud de fibra será algo más larga, típicamente alrededor de 50 mm.

Como se usa en la presente, el “área de superficie inicial baja” contemplada para el material fibroso que se emplea en la presente, no es mayor de aproximadamente  $200 \text{ mm}^2$ . Actualmente es preferible que el área de superficie inicial no sea mayor de aproximadamente  $150 \text{ mm}^2$ . En una realización específica para el uso en la preparación de composiciones a base de cemento Portland que deben ser bombeadas (por ejemplo, “shotcrete” y similares), se prefiere un área de superficie inicial de aproximadamente  $110 \text{ mm}^2$ . En una realización específica para el uso en la preparación de composiciones a base de cemento Portland que deben ser moldeadas o vertidas en el lugar, el área de superficie inicial preferido es aproximadamente  $150 \text{ mm}^2$ .

Como se emplea en la presente, “agitación” se refiere a cualquier medio de combinación / mezcla de los contenidos de las formulaciones de la invención.

Todos dichos medios están contemplados para el uso en la práctica de la presente invención. La agitación se puede efectuar por cualquier medio mecánico, tales como, por ejemplo, por mezcla, rotación, agitación, sacudido, vertido, amasado, vibración, bombeo y similares. Los medios adicionales de agitación contemplados para el uso en la presente invención incluyen vibración ultrasónica y turbulencia o mezcla inducida térmicamente. En una realización actualmente preferida, la agitación se producirá a través de la acción mecánica de una mezcladora de cemento.

El uso del término "fibrilación" en las presentes reivindicaciones y memoria descriptiva, se refiere a la progresiva separación del material fibroso de área de superficie baja, en miembros individuales de la red fibrosa de componentes. En una población determinada de material fibroso que ha sufrido fibrilación, algo del material fibroso inicial de área de superficie baja puede quedar sustancialmente intacto y sin separar, mientras que otras de las fibras de inicio pueden separarse en forma sustancialmente completa. De acuerdo con la presente invención, después de la fibrilación existirá una gama de fibras separadas, produciendo un incremento promedio en el área de superficie de la población de material fibroso de por lo menos 50 veces. En una realización preferida, el material fibroso habrá sufrido un incremento promedio en el área de superficie de por lo menos 100 veces. En una realización especialmente preferida, la población de fibras representará un incremento promedio en el área de superficie del material fibroso de por lo menos 200 veces. En una realización preferida de la presente invención, la fibrilación progresiva de las fibras permite lograr una distribución casi uniforme de las fibras por toda la mezcla de hormigón en las etapas tempranas de la mezcla, mientras que las fibras aún están relativamente intactas (es decir, antes de la fibrilación de las mismas).

De acuerdo con un aspecto de la presente invención, se proporcionan



formulaciones de productos de construcción que comprenden el material fibroso que se describe en la presente, en el rango de aproximadamente 0,1 hasta aproximadamente 3,0 por ciento en volumen. Dichas formulaciones de productos de construcción muestran mejoradas características cuando se comparan con otras formulaciones de construcción reforzadas con fibra, tales como reducido encogimiento plástico, reducido encogimiento de secado, mejorada resistencia al fuego, mejorada vida de fatiga, mejorada resistencia a la contracción y expansión térmica, mejorada resistencia al impacto, incrementada rigidez flexional, mejorada capacidad de trabajo, bombeo y manipuleo, y similares.

De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, se proporcionan formulaciones de productos de construcción que comprenden en el rango de aproximadamente 0,1 hasta aproximadamente 0,3 por ciento en volumen, del material fibroso que se describe en la presente. A estos índices bajos de adición de fibra, dichas formulaciones demuestran mejoradas características, tales como encogimiento plástico, encogimiento de secado, mejorada resistencia al fuego, mejorada vida de fatiga, mejorada resistencia a la contracción y expansión térmica, mejorada capacidad de trabajo, bombeo y manipuleo, así como también alguna mejoría en la resistencia al impacto y rigidez flexional.

En aún otro aspecto de la presente invención, se proporcionan formulaciones de productos de construcción que comprenden en el rango de aproximadamente 0,3 hasta aproximadamente 3,0 por ciento en volumen, del material fibroso que se describe en la presente. A estos índices relativamente altos de adición de fibra, dichas formulaciones también demuestran mejoradas características, tales como encogimiento plástico, encogimiento de secado, mejorada resistencia al fuego, mejorada vida de fatiga, mejorada resistencia a la contracción y expansión térmica, mejorada capacidad de trabajo, bombeo y manipuleo, así como también sustanciales mejorías en la resistencia al impacto y

rigidez flexional.

De acuerdo con otra realización de la presente invención, se proporcionan métodos para la producción de formulaciones de productos de construcción mediante el agregado del material fibroso que se describe anteriormente, a materiales de enlace inorgánicos, en donde la formulación se somete a agitación suficiente como para lograr un incremento promedio en el área de superficie de las fibras de por lo menos 50 veces. Estos métodos producen materiales de construcción que tienen mejoradas características, cuando se comparan con otros sistemas de refuerzo de fibra sintética, tales como reducido encogimiento plástico, reducido encogimiento de secado, mejorada resistencia al fuego, mejorada vida de fatiga, mejorada resistencia a la contracción y expansión térmica, mejorada resistencia al impacto, incrementada rigidez flexional, mejorada capacidad de trabajo, bombeo y manipuleo, y similares.

En un aspecto de los métodos de la invención, se agrega en el rango de aproximadamente 0,1 hasta aproximadamente 0,3 por ciento en volumen de material fibroso, a una composición a base de cemento Portland que luego es sometida a agitación como se observa anteriormente, proporcionando así formulaciones de productos de construcción con mejoradas características, tales como encogimiento plástico, encogimiento de secado, mejorada resistencia al fuego, mejorada vida de fatiga, mejorada resistencia a la contracción y expansión térmica, mejorada capacidad de trabajo, mejorados bombeo y manipuleo, así como también alguna mejoría en la resistencia al impacto y en la rigidez flexional.

En otro aspecto de los métodos de la invención, se agrega en el rango de aproximadamente 0,3 hasta aproximadamente 3,0 por ciento en volumen de un material fibroso, a una composición a base de cemento Portland que luego es sometida a agitación como se observa anteriormente, proporcionando así formulaciones de productos de construcción con encogimiento plástico,

encogimiento de secado, mejorada resistencia al fuego, mejorada vida de fatiga, mejorada resistencia a la contracción y expansión térmica, mejorada capacidad de trabajo, mejorados bombeo y manipuleo, así como también sustanciales mejorías en la resistencia al impacto y en la rigidez flexional.

De acuerdo con otra realización de la presente invención se proporcionan artículos que comprenden las formulaciones de productos de construcción que se describen anteriormente. En un aspecto preferido de la invención, se proporcionan artículos que comprenden las formulaciones a base de cemento Portland que se describen anteriormente.

Ahora la invención se describirá en mayor detalle por referencia a los siguientes ejemplos no limitativos.

#### EJEMPLOS

En un experimento reciente, se demostró que 3.000 diners de fibra Polysteel™ (disponible de East Coast Rope, Ltd., North Sydney, Nova Scotia) comprendida de copolímero de polietileno / polipropileno con una masa de aproximadamente 7,5 gramos por diner, una gravedad específica de aproximadamente 0,94, y una elongación de estiramiento en el rango de aproximadamente 16 % hasta aproximadamente 18 %, cuando se agrega a un índice de adición de volumen de 1 %, superó en rendimiento a la fibra de poliolefina a 1,67 % en volumen (fibra de área de superficie específico inicial similar, e idéntica resistencia a la tracción y módulo de elasticidad), tanto en rendimiento de rigidez flexional como en encogimiento plástico. Se condujeron tests similares en una serie de fibras de acero, a índices de adición de fibra de 0,5 y 0,75 %; los resultados muestran que la fibra fibrilante, cuando se agrega a un índice de adición de volumen de 1 %, superó en rendimiento sin dificultad a las fibras de acero en el control del encogimiento plástico y encogimiento de secado.

Los tests de "shotcrete" conducidos en fibra, con rendimiento y propiedades físicas que se describen anteriormente, revelan que la fibra es fácilmente bombeada y disparada, a fracciones de volumen de fibra de hasta 1,5 %. Un leve cambio en el diseño de la mezcla de hormigón permitió que la fibra sea bombeada y disparada a un porcentaje muy alto de índice de adición, de 2 % en volumen. Debería observarse que es casi imposible bombear y disparar la mayoría de las fibras sintéticas fibriladas disponibles en el mercado, a índices de adición de fibra superiores a 0,5 % en volumen. Nuevamente, el área de superficie de fibra bajo inicial de la fibra de monofilamento, permitió la adición de una cantidad muy alta de fibras en el "shotcrete". En el caso de "shotcrete", la acción fibrilante se produjo tanto por la acción de mezcla de la mezcladora de hormigón, como por el impacto de las fibras sobre la superficie proyectada. Los resultados, como se ilustran en la Figura 1, indican que la fibra fibrilante ha logrado un Nivel de Rendimiento de Rigidez V, a 1,5 % adición, un rendimiento nunca antes logrado por ninguna fibra sintética. Los índices de adición de fibra de 1 % en "shotcrete" de la fibra fibrilante lograron Nivel de Rendimiento de Rigidez IV, lo que nuevamente es sustancialmente superior a la otra fibra sintética.

Si bien la invención se ha descrito en detalle con referencia a ciertas realizaciones preferidas de la misma, se entenderá que las modificaciones y variaciones se encuentran dentro del alcance y espíritu de los que se describen y se reivindican.

### REIVINDICACIONES

Habiendo así especialmente descrito y determinado la naturaleza de la presente invención y la forma como la misma ha de ser llevada a la práctica, se declara reivindicar como de propiedad y de derecho exclusivo:

1. Un material de construcción reforzado con fibra, caracterizado por el hecho de que es una mezcla que contiene agente aglutinante inorgánico, y en el rango de aproximadamente 0,1 hasta aproximadamente 3,0 por ciento en volumen, de un material fibroso, en donde dicho material fibroso se caracteriza por tener: (a) una baja relación de aspecto inicial, (b) un área de superficie inicial no mayor a aproximadamente 200 mm<sup>2</sup>; en donde dicho material fibroso es capaz, y sufre de fibrilación progresiva bajo agitación de dicha formulación, produciendo un incremento promedio en el área de superficie de por lo menos aproximadamente 20 por ciento.
2. El material de construcción reforzado con fibra de acuerdo a la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que dicho agente aglutinante comprende cemento Portland.
3. El material de construcción reforzado con fibra de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que dicha relación de aspecto inicial se encuentra en el rango de aproximadamente 30 hasta aproximadamente 80.
4. El material de construcción reforzado con fibra de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que dicho material fibroso consiste esencialmente de fibras integradas, planas, rizadas.
5. El material de construcción reforzado con fibra de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que dicho material fibroso está compuesto por una fina estructura de red de filamentos de una resina sintética.
6. El material de construcción reforzado con fibra de acuerdo con la

reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que dicho material fibroso está compuesto por una fina estructurada red de filamentos de polipropileno y polietileno.

7. El material de construcción reforzado con fibra de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que dicho material fibroso tiene una masa de aproximadamente 7,5 gramos por dínér, una gravedad específica de aproximadamente 0,94, y una elongación de estiramiento de aproximadamente 16 % a aproximadamente 18 %.

8. El material de construcción reforzado con fibra de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que comprende en el rango de aproximadamente 0,1 hasta aproximadamente 0,3 por ciento en volumen de dicho material fibroso.

9. El material de construcción reforzado con fibra de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que comprende en el rango de aproximadamente 0,3 hasta aproximadamente 3,0 por ciento en volumen de dicho material fibroso.

10. Un artículo que comprende el material de construcción reforzado con fibra de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado por el hecho de que comprende una formulación a base de cemento Portland.

11. Un método para la producción de un material de construcción reforzado con fibra de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado por el hecho de que comprende agregar en el rango de aproximadamente 0,1 hasta aproximadamente 3,0 por ciento en volumen de dicho material fibroso a dicho agente aglutinante inorgánico.

p.p. de: DALHOUSIE UNIVERSITY

### RESUMEN

Una formulación novedosa de material de construcción reforzado con fibra y un método para obtener la formulación. La formulación del invento comprende una agente ligante inorgánico y que está presente en una proporción en el rango de 0,1 hasta 3,0 por ciento por volumen de un material fibroso, en donde el material fibroso presenta la novedad de que tiene una baja relación de aspecto inicial y un área de superficie inicial no mayor a aproximadamente 200 mm<sup>2</sup>. El material fibroso, bajo agitación de dicha formulación, es capaz de experimentar y experimenta fibrilación progresiva, produciendo un incremento en el área de superficie de al menos 20 por ciento y de fibras sintéticas. Como resultado, se producen materiales de construcción más resistentes, debido a la posibilidad de agregar mayores proporciones de fibras que en las técnicas conocidas. Se describe además un artículo producido con las composiciones del invento.